

Empfangsbescheinigung

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(1) In der Anschrift Straße, Haus-Nr. und ggf. Postfach angeben	Sendungen des Deutschen Patent- und Markenamtes sind zu richten an: Continental Teves AG & Co. oHG Guerickestraße 7 60488 Frankfurt am Main		Antrag auf Erteilung eines Patents	1
	Continental Teves AG & Co. oHG Patente und Lizenzen (GP)			
	21. Mai 2003		Aktenzeichen (wird vom Deutschen Patent- und Markenamt vergeben) 1 03 21 783.5	
(2)	Zeichen des Anmelders/Vertreters (max. 20 Stellen) P 10697/BR/AD	Telefon des Anmelders/Vertreters 069/7603-2822	Datum 14.05.2003	
(3)	Der Empfänger in Feld (1) ist der <input checked="" type="checkbox"/> Anmelder <input checked="" type="checkbox"/> Zustellungsbevollmächtigte <input checked="" type="checkbox"/> Vertreter		ggf. Nr. der Allgemeinen Vollmacht	
(4) nur auszu- füllen, wenn abweichend von Feld (1)	Anmelder		Vertreter	
soweit bekannt	(5) Anmeldercode-Nr. 9954317	Vertretercode-Nr.	Zustelladressecode-Nr.	ERF
	(6) Bezeichnung der Erfindung (bei Überlänge auf gesondertem Blatt - 2fach) Verfahren zum Lernen einer Ventilkennlinie			
s. Erläute- rung u. Kosten hinweise auf der Rückseite	(7) Sonstige Anträge		Aktenzeichen der Hauptanmeldung (des Hauptpatents)	
	<input type="checkbox"/> Die Anmeldung ist Zusatz zur Patentanmeldung (zum Patent) → <input type="checkbox"/> Prüfungsantrag - Prüfung der Anmeldung mit Ermittlung der öffentlichen Druckschriften (§ 44 Patentgesetz) <input type="checkbox"/> Recherchantrag - Ermittlung der öffentlichen Druckschriften ohne Prüfung (§ 43 Patentgesetz) <input type="checkbox"/> Lieferung von Ablichtungen der ermittelten Druckschriften im <input type="checkbox"/> Prüfungsverfahren <input type="checkbox"/> Recherchungsverfahren <input type="checkbox"/> Aussetzung des Erteilungsbeschlusses auf Monate (§ 49 Abs. 2 Patentgesetz) (Max. 15 Mon. ab Anmelde- oder Prioritätstag)			
(8)	Erklärungen		Aktenzeichen der Stammanmeldung	
	<input type="checkbox"/> Teilung/Ausscheidung aus der Patentanmeldung → <input type="checkbox"/> an Lizenzvergabe interessiert (unverbindlich) <input type="checkbox"/> mit vorzeitiger Offenlegung und damit freier Akteneinsicht einverstanden (§ 31 Abs. 2 Nr. 1 Patentgesetz)			
(9)	<input type="checkbox"/> Inländische Priorität (Datum, Aktenzeichen der Voranmeldung) <input type="checkbox"/> Ausländische Priorität (Datum, Land, Aktenz. der Voranmeldung)		bei Überlänge auf gesondertem Blatt -2fach	
	(Bitte vollständige Abschrift(en) der Voranmeldung(en) beifügen)			
Erläuterung und Kosten- hinweise s. Rückseite	(10) Gebührenzahlung in Höhe von --- DM		Abbuchung von meinem/unserem Abbuchungskonto b. d. Dresdner Bank AG, München	
	<input type="checkbox"/> Scheck ist beigefügt <input type="checkbox"/> Überweisung (nach Erhalt der Empfangsbescheinigung) <input type="checkbox"/> Gebührenmarken sind beigefügt (bitte nicht auf d. Rückseite kleben, ggf. auf gesond. Blatt)		<input type="checkbox"/> Nr.	

Diese Patentanmeldung ist an dem durch Perforierung angegebenen Tag beim Deutschen Patentamt eingegangen. Sie hat das mit "P" gekennzeichnete Aktenzeichen erhalten.
Dieses Aktenzeichen ist gemäß den Anmeldebestimmungen bei allen Eingaben anzugeben. Bei Zahlungen ist der Verwendungszweck hinzuzufügen.

Nur von der Annahmestelle auszufüllen:

☐ Für die obengenannte Anmeldung sind Gebühren-
marken im Wert von _____ DM entrichtet.

(Dienstsiegel)

Bitte beachten Sie die Hinweise
auf der Rückseite
der zurückgehaltenen Antragsdurchschrift

EB

P 2007
3.97

„Über Fernkopierer eingegangen
12 Seite(n)-Deutsches Patent-
und Markenamt“
+ EB

BEST AVAILABLE COPY

Continental Teves AG & Co. oHG

14.05.2003

P 10697

GP/BR/ad

D. Burkhard

R. Gronau

M. Loos

Verfahren zum Lernen einer Ventilkennlinie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lernen einer Ventilkennlinie.

In elektronisch regelbaren Kraftfahrzeugbremsen mit unter anderem Blockierschutzfunktionalität (ABS) besteht ständig steigender Bedarf an einer erhöhten Qualität der Regelung im Sinne eines erhöhten Komfort. Aus der EP-A-0 876 270 (P 8598) geht das Grundprinzip eines Regelungszyklusses bei einer Blockierschutzregelung hervor. Es ist weiterhin bekannt, zur Bereitstellung unterschiedlicher Druckgradienten zur Erhöhung des Komforts eine mechanische Gradientenumschaltung (Schaltblenden) vorzusehen, was jedoch aus Kostengesichtspunkten Nachteile mit sich bringt.

Da elektrisch ansteuerbare Hydraulikventile, wenn sie analog genutzt werden, die kostenintensiven mechanischen Schaltblenden ersetzen können, ist es Ziel der Erfindung, die Ansteuerung von analog betreibbaren Ventilen zu verbessern. Ein Problem bei der Analogansteuerung ist die Genauigkeit der Regelung, insbesondere dann, wenn keine direkte Rückmeldung über einen Drucksensor (Wegfall durch Kosteneinsparung) vorhanden ist. Eine genaue, im Produktionsprozess der Bremsysteme festgelegte Öffnungscharakteristik (Öffnungsverhalten des als Folge der elektrischen Ansteuerung) kann auf Grund üblicher fertigungstechnischer Toleranzen nicht fest-

- 2 -

gelegt werden, so dass zum Beispiel eine aufwendige Messung der Charakteristik nach der Herstellung der Ventile am fertigen Bremssystem erforderlich wäre. Ein solcher Kalibriervorgang, der außerdem für jedes Ventil einzeln erforderlich wäre, ist wegen des hohen Aufwands und der damit verbundenen Kosten problematisch.

Nach der Erfindung wird dieses Problem durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Bei der bevorzugten Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer an sich bekannten Blockierschutzregelung, die auch erweitert sein kann, z.B. durch weitere Regelungen, wie ASR, GMB, ESP, EBV usw., wird auf an sich bekannte Weise bei einem überdrehenden Rad zunächst Raddruck mittels eines entsprechenden Ventils abgebaut. Danach erfolgt eine Druckaufbauphase, bei der Druckaufbauimpulse so lange erzeugt werden, bis die Druckaufbauphase abgeschlossen ist. Dieser Prozess läuft mehrfach hintereinander ab (Regelzyklen).

Eine direkte Ermittlung des aktuellen individuellen Radzylinderdrucks p_z und des Radzylinderdrucks p_z^i , bei dem das betreffende Rad instabil wird (Blockierdruckniveau), kann in Vorrichtungen ohne radindividuelle Drucksensoren nicht durchgeführt werden. Verfahren zur Bestimmung dieser Größen bei Anlagen mit Digitalventilen sind an sich bekannt und werden in den Patentanmeldungen EP-A-0 876 270 (P 8598) sowie DE-A-197 37 779 ausführlich beschrieben. Bei diesen Verfahren werden ebenfalls Lernverfahren zur Berechnung der Druckaufbauzeiten durchgeführt, wobei sich aus der Folge der Druckaufbauimpulse ein mittlerer Druckaufbaugradient ergibt.

- 3 -

Im vorliegenden Fall wird im Gegensatz zu bekannten Bremsvorrichtungen zumindest in der jeweiligen Fahrsituation ein fester Druckaufbaugradient vorgegeben. Der Strom, mit der bei einem bestimmten Druckaufbaugradient das jeweils anzusteuernde Ventil geöffnet werden kann, ist eine variable Größe, welche es unter anderem zu ermitteln gilt. Aus der dem Öffnungsstrom kann dann über einen Faktor ein Gradient am Ventil eingestellt werden. Die Druckaufbauzeit kann dabei im wesentlichen fest vorgegeben sein.

Die Summe der Drücke in den Intervallen der zum Druckaufbau notwendigen Einzelimpulse ergibt im wesentlichen die Gesamtdruckdifferenz des entsprechenden Regelzyklusses. Die entsprechenden Druckaufbauzeiten der einzelnen Intervalle dieser Druckaufbauphase ergeben in der Summe für jeden Regelzyklus eine Gesamtdruckaufbauzeit T_{ist} , welche sich im Steuergerät, in dem der ABS-Algorithmus abläuft, für jede Druckaufbauphase radindividuell messen lässt.

Die Erfindung hat unter anderem das Ziel, die Ventilkennlinie $G = f(I, \Delta p)$ bzw. $I = f'(\Delta p, G)$ für jedes Ventil individuell direkt oder indirekt zu ermitteln, wobei I der Strom durch die zum Ansteuern des Ventils verwendete Magnetspule ist, G der durch das Ventil hervorgerufene Druckgradient und Δp die am Ventil anliegende Druckdifferenz bei gerade noch geschlossenem Ventil ist. Da sich die Druckdifferenz bei einem geöffneten Ventil ändert, stellt der über die Funktionen f oder f' ermittelte Wert lediglich einen Näherungswert dar.

- 4 -

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird bei der Blockierschutzregelung zumindest in der gerade aktuell vorliegenden Fahrsituation (kann vom Reibwert abhängig sein) oder auch in allen Fahrsituationen ein fester, z.B. experimentell ermittelter, Druckaufbaugradient, von beispielsweise etwa 300 bar/s, vorgegeben. Mit diesem Druckaufbaugradient wird die Regelung dann zur Durchführung des erfindungsgemäßen Lernverfahrens ausgeführt. Das hier beschriebene Verfahren ermittelt dann mit Hilfe der vorhandenen kalibrierten Kennlinie oder den eingelernten Korrekturgrößen den für diesen vorgegebenen Druckaufbaugradienten optimalen individuellen Ventilstrom.

Wie bereits erwähnt, kann besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass der vorgegebene Druckaufbaugradient in Abhängigkeit von der ermittelten Fahrsituation auf die Reibwertverhältnisse der Fahrbahn angepasst wird. Dabei bleibt der vorgegebene und damit feste Druckaufbaugradient allerdings zumindest bis zum Abschluss der momentanen Regelung konstant.

Das Lernverfahren wird bevorzugt individuell für jedes Rad durchgeführt. Die eingelernten Werte werden zweckmäßigerweise entweder über den Zündungslauf hinaus gespeichert oder für jede Regelung neu berechnet. Der Zähler n , der die Häufigkeit speichert, kann unabhängig davon resettiert werden. Zweckmäßigerweise wird n mit jedem Zündungslauf neu gestartet, um ein ggf. notwendiges schnelles Lernen zu gewährleisten.

Das Lernverfahren kann vorzugsweise dann als abgeschlossen gelten, wenn sich der aktuelle Werte von k_i eines Zyklusses im Vergleich zum eingelernten Wert lediglich um nur noch

weniger als 5 % geändert hat.

T_{soll} kann in der bekannten Weise auf mehrere Pulse aufgeteilt werden. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird nach Abschluss des Lernverfahrens zur Verbesserung der Regelung eine der anzunehmenden Druckdifferenz entsprechende Stromreduzierung vorgenommen. Hierdurch ergibt sich eine Vorgabe des Druckaufbaugradienten G in Abhängigkeit von I und Δp .

Beispiel

Zur Erläuterung der Erfindung an Hand eines Beispiels wird auf Fig. 1 Bezug genommen, in welcher Kennlinien für ein elektrisch ansteuerbares Hydraulikventil aufgetragen sind. Auf der X-Achse ist die Druckdifferenz am Ventil bei noch geschlossenem Ventil aufgetragen. Kurve 1 entspricht dem theoretisch aufzubringenden Strom I_{open} , der benötigt wird, das betreffende Ventil bei der entsprechenden Druckdifferenz gerade zu öffnen. Punkte 2 sind Messwerte eines Ventils in der hier betrachteten Bremsvorrichtung. Punkte 3 entsprechen Messwerten von anderen Ventilen bzw. anderer Vorrichtungen der gleichen Bauart oder Serie. Wie man der Figur entnehmen kann, weichen die Öffnungsströme zwischen den Ventilen aufgrund geringer baulicher Unterschiede (Fertigungstoleranzen) deutlich messbar voneinander ab. Kurve 1 gibt einen Mittelwert für die Baureihe an und ist in einem Speicher des Reglers der Vorrichtung permanent gespeichert.

Zunächst wird ein "fester" Druckaufbaugradient G_{fest} von 300 bar/s vorgegeben. Im elektronischen Regler der Bremsvorrichtung sind, wie bereits gesagt, in einem Speicher für jedes

Ventil individuell Kurven $I_{open}(\Delta p)$ 1 abgelegt, die den Strom angeben, bei dem das betreffende Ventil gerade öffnet. Der zunächst gespeicherte Wert I_{open} trägt noch nicht vollständig den fertigungsbedingten Toleranzen des Ventils Rechnung, so dass dieser Wert ungenau ist. Der tatsächliche Druckaufbaugradient weicht demzufolge von dem vorgegebenen Wert ab. Dann wird aus der vom ABS vorgegebenen Druckdifferenz Δp über die Formel $T_{soll} = \Delta p / G_{fest}$ eine Solldruckaufbauzeit ermittelt. Als Startwert für den Korrekturfaktor k_1 wird ein Wert von 0,8 vorgegeben. Für den ersten Regelzyklus ergibt sich daraus ein Sollstrom von $I_{soll} = I_{open} * k_1$ (Punkt 3 in Fig. 1). Der spätere, über n Zyklen eingelernte Wert von k_n multipliziert mit I_{open} entspricht immer besser dem Strom zum Erreichen eines Druckaufbaugradienten von 300 bar/s. Der jeweils aktuelle Wert für die Korrekturgröße k wird nach der folgenden Formel gebildet:

$$k_n = 1 - (1 - K_{Fil,n-1}) * \sqrt{(T_{ist,n} / T_{soll,n})}.$$

Dabei ist

$$K_{Fil,n} = ((K_{Fil,n-1} * (n - 1)) + k_n) / n.$$

wobei n die Anzahl der gelernten Werte k ist,

T_{ist} die gesamte Aufbauzeit des aktuell durchgeführten Druckaufbaus und

T_{soll} die aus der gewünschten Druckdifferenz und dem Sollgradient berechnete Solldruckaufbauzeit.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung von einem oder mehreren elektrisch angesteuerten analogisierten oder analogen Hydraulikventilen, dadurch **gekennzeichnet**, dass während des Betriebs einer Bremsvorrichtung, insbesondere einer Blockierschutzregelung, eine Ansteuerkennlinie oder Korrekturgrößen zur Korrektur einer vorhandenen Ansteuerkennlinie ermittelt wird/werden und die Kennlinie oder Korrekturgrößen für das bzw. für jedes Ventil mittels eines Lernverfahrens ermittelt wird/werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass sich das Lernverfahren über mehrere Zyklen der Blockierschutzregelung mit der Anzahl n hinweg erstreckt und in jedem geeigneten Zyklus mit Hilfe der aus dem aktuellen Zyklus ermittelten Parameter nach einer rekursiven Formel eine genauere Kennlinie oder eine genauere Korrekturgröße ermittelt wird (Lernzyklus).
3. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Berechnung der genaueren Kennlinie oder Korrekturgröße die während einer Radregelung benötigten Druckaufbauzeiten gesammelt werden und jeweils auf Grundlage der vorliegenden gesammelten Druckaufbauzeiten korrigierte Kennlinie oder Korrekturgrößen berechnet werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass mittels des Lernverfahrens für ein Ventil eine Korrekturgröße k gebildet wird, welche mit einer vorgegebenen Ansteuerkennlinie

des Ventils zur Bildung einer korrigierte Ansteuerkennlinie verknüpft wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass die vorgegebene Ansteuerkennlinie in der zugrundeliegenden Bremsvorrichtung vor dem ersten Lernzyklus gespeichert ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Korrekturgröße k gebildet wird, nach der Formel

$$k_n = 1 - (1 - K_{\text{Fil},n-1}) * \sqrt{(T_{\text{ist},n} / T_{\text{soll},n})},$$

wobei

$$K_{\text{Fil},n} = ((K_{\text{Fil},n-1} * (n - 1)) + k_n) / n,$$

n die Anzahl der gelernten Werte k ,

T_{ist} die gesamte Aufbauzeit des aktuell durchgeführten Druckaufbaus und

T_{soll} die aus der gewünschten Druckdifferenz und dem Sollgradient berechnete Solldruckaufbauzeit ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass während des Lernverfahrens ein für die Bremsvorrichtung als optimal anzusehender Wert für den Druckaufbaugradienten vorgeben wird, welcher mit Hilfe der ermittelten Korrekturgrößen oder der ermittelten korrigierten Ansteuerkennlinie zumindest bei der aktuellen Regelung bis zum Abschluss der Regelung nicht verändert wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass der vorgegebene Druckaufbaugradient der Blockierschutzregelung unter Verwendung der ermittelten Korrekturgrößen oder der ermittelten korrigierten Ansteuerkennlinie für bestimmte Fahrsituationen unterschiedlich eingestellt wird, wobei das Lernverfahren für neu vorgegebene Gradienten speziell für den neu vorgegebenen Gradienten durchgeführt wird.

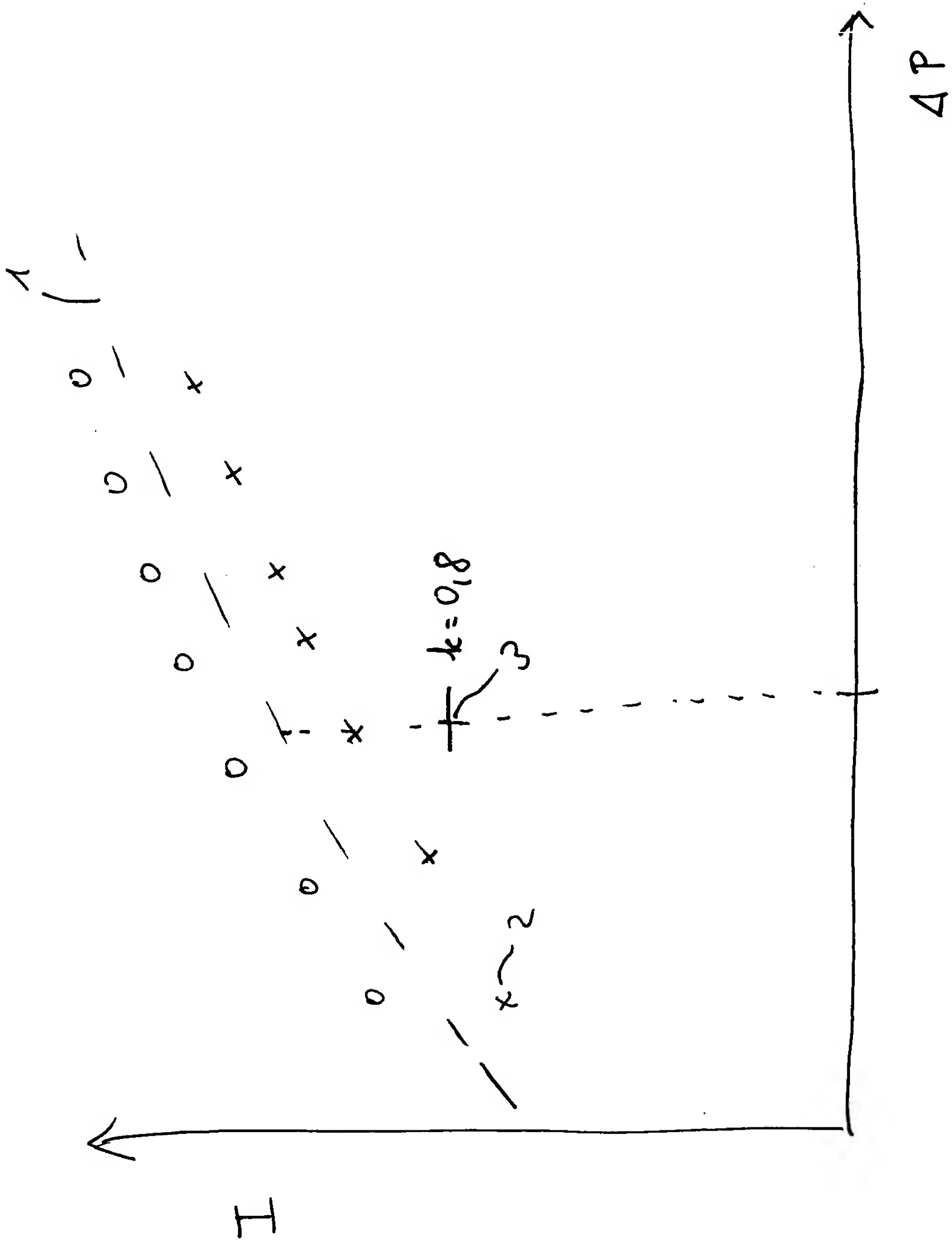


Fig. 1